

$$P = P_i \cdot P^I \cdot H^{II} \cdot P^{III} \cdot P^{IV} \cdot P^V \cdot P^{VI}.$$

Пошук екстремуму виконується послідовним наближенням, кожний наступний критерій технологічності  $P$  порівнюється зі значенням критерію на попередньому кроці наближенням, якщо  $P_{i+1} < P_i$  виконуємо коректування параметрів технологічного процесу. Якщо  $P_{i+1} > P_i$ , то  $P_i$  відповідає шуканому технологічному процесу. Це дає змогу знайти не тільки оптимальний технологічний процес виготовлення конкретної деталі або класу деталей та скоректувати конструкцію деталі у випадку неможливості та недоцільності її виготовлення діючими методами. При цьому можна зафіксувати ряд найбільш важливих параметрів, наприклад, товщина, матеріал та габарити заготовки.

Такий підхід до класифікації технологічних процесів заготівельного виробництва дає можливість вирішити задачу вибору оптимального процесу вирізування. Для визначення оптимальних меж використання термічних методів вирізування серед порівняних оптимальних технологічних процесів можна застосовувати методи лінійного програмування.

1. Рыжов Э.В., Аверченко В.И. Оптимизация технологических процессов механической обработки / Отв. ред. А.П.Гавриш. – К.: Наук. думка, 1989. – 192 с.

2. Горбунов М.Н. Технология заготовительно-штамповочного производства. – М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.

3. Исаченков Е.И. Штамповка резиной и жидкостью. – М.: Машиностроение, 1967. – 367 с.

4. Абибов А.Л., Бирников Н.М., Бойцов В.В. и др. Технология самолетостроения. – М.: Машиностроение, 1970. – 499 с.

Отримано 08.09.2009

УДК 691.263.5 : 628.4.038

С.В.ШАПОВАЛ, канд. техн. наук, М.А.ДОЛГИЙ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИПСА ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассматривается способ утилизации промышленных отходов, проводится сравнение химического и механохимического способов переработки, приведена технологическая схема получения гипсового вяжущего из шлама химической водоподготовки ТЭЦ.

Розглядається спосіб утилізації промислових відходів, проводиться порівняння хімічного та механохімічного способів переробки, приведена технологічна схема отримання гіпсового в'язучого з шламу хімічної водопідготовки ТЕЦ.

The way of industrial wastes recycling is considered, chemical and mechanical-chemical ways of processing are compares, the technological scheme of getting plaster knitting from mixture of chemical water preparation of thermal power station is given.

*Ключевые слова:* промышленность, отходы, гипс, механохимическая обработка, шлам, химическая водоподготовка, ТЭЦ, утилизация.

В настоящее время на предприятиях горнодобывающей, металлургической, химической, деревообрабатывающей, энергетической, производства строительных материалов и других отраслей промышленности Украины образуется около 1 млрд. т отходов, а используется около 20% отходов [1].

Годовой экономический ущерб от загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления оценивается на уровне 10% валового внутреннего продукта.

Наиболее рациональным направлением утилизации промышленных отходов является их использование как техногенного сырья при получении различного вида продукции и, прежде всего, строительного назначения. Так как строительство потребляет около трети всей массы продукции материального производства, материальные ресурсы составляют более половины всех затрат на производство строительно-монтажных работ. Таким образом, проблема утилизации промышленных отходов является актуальной.

Несмотря на большое распространение природного гипсового сырья, имеются обширные районы, лишенные этих запасов, и потому сырье приходится перевозить на далекие расстояния, что не всегда экономически целесообразно. В таких районах предпочтительнее применять побочные продукты промышленности, состоящие более чем на 90% из сульфата кальция. Немаловажной причиной использования побочных продуктов промышленности является то, что они накапливаются в огромных количествах в отвалах, занимающих большую полезную площадь и наносящих экологический ущерб.

Для интенсификации процесса обжига гипса и улучшения качества продукта была разработана установка [2], в которой используется вихревой поток газообразного теплоносителя. Принципиальное отличие данной установки от установки фирмы «Бабкок - БШХ» состоит в том, что цилиндрическая труба-сушилка заменена реактором-конусом и камерой томления.

Одним из возможных источников получения сырья для производства гипса является ТЭЦ, оказывающая отрицательное влияние на состояние водной и воздушной сред, занимая при этом значительные участки земли. ТЭЦ являются крупными потребителями природной воды и источниками большого количества сточных вод. Для их работы требуется воды в среднем 35-40 м<sup>3</sup>/с на 1 млн. кВт установленной мощности.

Состав шламов изменяется при длительном хранении в накопите-

лях ТЭЦ. В то же время, содержание основного компонента –  $\text{CaCO}_3$  после длительного хранения в накопителях остается достаточно стабильным и достигает 75% массы сухого отхода. Кроме того, шламы содержат до 5% гипса.

Известна технология [3] переработки шламов химической водоподготовки на основе превращения карбоната кальция в гипс. С этой целью в шлам добавляется серная кислота, для ускорения химической реакции проводится механохимическая активация на бегунах. При обработке шлама серной кислотой образуется двуводный сульфат кальция. По окончании реакции активированный шлам используется для производства гипсового вяжущего путем гидротермальной обработки в автоклаве ( $\alpha$ -полугидрат).

Известно, что в присутствии кислот эндотермические эффекты дегидратации  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  смещаются в область более низких температур. Возможно образование одного эндотермического эффекта соответствующего прямому превращению гипса в нерастворимый ангидрит. Поэтому расход серной кислоты определяется расчетом по уравнению химической реакции.

Результаты определения pH жидкой фазы при разных расходах серной кислоты приведены в табл.1.

Таблица 1 – Изменение pH жидкой фазы при обработке шлама серной кислотой

Продолжительность, ч	Расход серной кислоты, % от расчетного					
	25	50	75	100	125	150
	pH жидкой фазы					
1	6,7	6,4	6,1	5,5	1,6	1,2
3	7,2	6,8	6,4	6,1	1,8	1,2
5	7,3	7,0	6,7	6,4	1,9	1,2
24	7,8	7,7	7,0	6,7	2,0	1,3
48	8,0	7,8	7,3	6,9	2,0	1,3
72	8,0	7,8	7,3	7,0	2,1	1,3

Из табл.1 следует, что взаимодействие серной кислоты с карбонатом кальция протекает сравнительно медленно. С целью ускорения процессов превращения проведена механическая обработка шлама на бегунах (механохимическая активация).

Результаты определенной pH жидкой фазы при механохимической активации (МХА) шлама на бегунах приведены в табл.2.

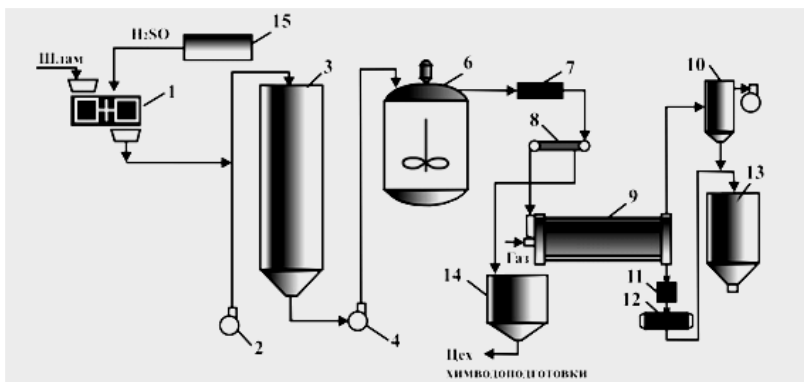
При этом продолжительность обработки до достижения полного превращения с 5-72 ч сократилась до 30-45 мин. Это позволяет использовать относительно небольшие емкости для хранения обработанного шлама перед автоклавной обработкой с учетом требований норм технологического проектирования (запас на 3-4 ч).

Таблица 2 – Изменение pH жидкой фазы при обработке шлама на бегунах

Продолжительность обработки, мин.	Расход серной кислоты, % от расчетного					
	25	50	75	100	125	150
15	6,8	6,6	6,5	6,5	1,5	1,31
30	7,0	6,69	6,8	6,9	1,64	1,33
45	7,3	7,2	6,9	7,0	1,8	1,4
60	7,8	7,5	7,2	7,1	2,0	1,4
90	8,0	7,9	7,5	7,0	2,05	1,4
120	8,0	8,0	7,6	7,0	2,1	1,4

Оптимальный режим гидротермальной обработки шлама химической водоподготовки после МХА определен в лабораторном автоклаве, оборудованном оптическим микроскопом. Исследования показали [3], что автоклавной обработкой шламов можно получать гипсовые вяжущие марок Г4 - Г10.

На основании исследований, проведенных в лабораторных и опытно-промышленных условиях, предложена технологическая схема производства вяжущего из шлама химической водоподготовки ТЭЦ [3] (рисунок).



Технологическая схема получения гипсового вяжущего из шлама химической водоподготовки ТЭЦ:

1 – бегуны; 2 – насос; 3 – накопительная емкость; 4 – насос; 6 – автоклав; 7 – теплообменник; 8 – ленточный вакуум-фильтр; 9 – сушильный барабан; 10 – рукавный фильтр; 11 – бункер; 12 – шаровая мельница; 13 – склад вяжущего; 14 – отстойник; 15 – емкость для контроля и регулирования концентрации серной кислоты.

Из отработанных карт хранения шлам с влажностью 50-60% подается через весовой дозатор в бегуны для механохимической обработки и превращения карбоната кальция в гипс.

После окончания процессов превращения шлам поступает в накопительную емкость, конструкция которой обеспечивает непрерывный

процесс. Здесь же осуществляется контроль состава жидкой фазы. Из емкости центробежным насосом шлам подается в автоклав. Из автоклава шлам через холодильник, где его температура снижается до 100°C, поступает на ленточный вакуум-фильтр для отделения жидкой фазы.

После автоклавной обработки продукт с влажностью 8-14% подается в сушильный барабан. Высушенный материал с температурой приблизительно равной 120 °C через бункер поступает в мельницу, а затем пневмонасосом подается в силосный склад вяжущего.

Анализ рассмотренной технологии [3] показал, что применение механохимической активации при переработке шламов значительно ускоряет процесс превращения карбоната кальция в гипс. Это позволяет значительно сократить сроки производства гипсовых вяжущих. Технико-экономический расчет показал [3], что производство может быть рентабельным из-за отсутствия затрат на сырье и сокращения расходов на эксплуатацию накопителей. Применение таких технологий в производстве приведет к улучшению экологической обстановки в стране.

1.Дворкин Л.И. Применение отходов в производстве строительных материалов. (Обзор разработок кафедры технологии изделий и материаловедения НУВГП) // ru.woodex.ua/data/www/img/6129/20071109/stat\_j1.pdf.

2.Кондращенко Е.В., Баранова А.А., Баранов А.Н. Технические основы тепловой обработки гипсового вяжущего // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.76. – К.: Техніка, 2007. – С.132-138.

3.Сучков В.П. Гипсовые строительные материалы и изделия. Получение механохимической активацией техногенного сырья: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.23.05. – СПб.: Санкт-Петербург, гос. архит.-строит. ун-т. – 45 с.

*Получено 18.09.2009*

УДК 678.5.046

Р.А.ЯКОВЛЕВА, д-р техн. наук, Е.Ю.СПИРИНА, Е.В.ГАЛИЧЕВСКАЯ

*Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры*

И.Г.МОЛОДЫКА, канд. техн. наук

*Академия пожарной безопасности имени Героев Чернобыля МЧС Украины, г.Черкассы*

В.Ф.ГОНЧАРЕНКО

*Харьковский гуманитарно-педагогический университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ К ТЕРМИЧЕСКОМУ ОКИСЛЕНИЮ ГРАФИТОВ, ИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ**

Рассматривается влияние концентрации окислительного раствора бихромата калия в серной кислоте на процессы термоокислительного разложения и коэффициент вспучивания интеркалированных графитов. Установлено, что стойкость интеркалированных